

- Десяткин Е. В. Кайнозойские отложения и неотектоника юго-восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 244 с.
- Деев Е. В., Сокол Э. В., Ряполова Ю. М., и др. Четвертичные травертины Курайской зоны разломов (Горный Алтай) // Доклады академии наук. 2017. Т. 73. № 1. С. 54–59.
- Лаверушин В. Ю. Подземные флюиды большого Кавказа и его обрамления. М.: ГЕОС, 2012. 348 с.
- Неведрова Н. Н., Деев Е. В., Пономарев П. Н. Выявление разломных структур и их геоэлектрических характеристик по данным метода сопротивлений в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения 2003 г. // Геология и геофизика. 2017. № 1. С. 146–156.
- Andrews J. E. Palaeoclimatic records from stable isotopes in riverine tufas: Synthesis and review // Earth-Science Reviews. 2006. Vol. 75. P. 85–104.
- Blyakharchuk T. A., Wright H. E., Borodavko P. S., et al. Late-glacial and Holocene vegetational changes on the Ulagan high-mountain plateau, Altai Mountains, southern Siberia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004. Vol. 209. P. 259–279.
- Choi H. S., Yun S. T., Koh Y. K., et al. Geochemical behavior of rare earth elements during the evolution of CO₂-rich groundwater: A study from the Kangwon district, South Korea // Chemical Geology. 2009. Vol. 262 (3–4). P. 334–343.
- Dupraz C., Visscher P. T., Baumgartner L. K. et al. Microbe–mineral interactions: early carbonate precipitation in a hypersaline lake (Eleuthera Island, Bahamas) // Sedimentology. 2004. Vol. 51. P. 745–765.
- Hampel A., Hetzel R., Maniatis G. Response of faults to climate-driven changes in ice and water volumes on Earth's surface // Philosophical Transactions Royal Society A. 2010. Vol. 368. P. 2501–2517.

А. В. Малышев, Е. В. Кислов^{1,2}

¹ – Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

² – Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ
Waylander6@mail.ru

Петролого-геохимические аспекты Холбын-Хаирханского гипербазитового плутона (Восточный Саян)

В Восточном Саяне широко распространены гипербазитовые офиолитовые комплексы, которые в процессе становления испытали частичное плавление и были тектонически подняты на дневную поверхность. Состав гипербазитов и слагающих их минералов определяется исходным составом океанической верхней мантии, степенью ее плавления, а также процессами метаморфизма при транспортировке ее к верхней коре или на дневную поверхность. Гипербазиты офиолитовых комплексов представляют интерес как в изучении состава породообразующих элементов, которые претерпевали изменения в процессе подъема, так и с практической точки зрения, в связи с месторождениями полезных ископаемых, одними из таковых являются месторождения нефритов. Объектом нашего исследования стал Холбын-Хаирханский массив, расположенный в пределах юго-восточной высокогорной части Восточного Саяна в бассейне верхнего течения р. Урик. Массив имеет грушевидную форму, максимальную ширину 5.5 км, длину 12.2 км и площадь ~25 км².

Массив имеет зональное строение, характерное для крупных гипербазитовых массивов ильчирского комплекса (от краевой части к центру): листвениты, тальк-карбонатные породы, серпентиниты, серпентинизированные дуниты, дуниты, которые слагают пластообразные тела субширотного простирания, имеющие тектонический контакт с вмещающими вулканогенно-карбонатно-терригенными отложениями позднего протерозоя. Слабоизмененные дуниты и гарцбургиты встречаются лишь в виде небольших овальных ядер. Дуниты слагают изометричные тела, размер которых колеблется от 100 до 500 м в поперечнике. Это светло-зеленые с желтоватым оттенком массивные среднезернистые породы, состоящие из оливина (80–85 %) и пироксена (15–20 %). Из акцессорных минералов присутствуют хромшпинелиды. В дунитах постепенно возрастает содержание серпентина, и по мере удаления от их ядер к периферии дуниты сменяются серпентинитами, содержащими реликтовые включения округлого оливина. Гарцбургиты сложены оливином (35–95 %) и энстатитом (5–15 %) с акцессорными хромшпинелидами. По мере удаления от центральной части ядер постепенно также возрастает степень серпентинизации пород.

Наиболее широко распространены аподунитовые и апогарцбургитовые серпентиниты. Серпентиниты – зеленовато-серые до зеленых массивные породы с реликтами оливина. В зонах дробления они катаклазированы, часто вблизи контакта с дайками различного состава перекристаллизованы. В этих случаях породы сложены антигоритом, обладают зеленой окраской, массивной текстурой, по внешнему облику иногда похожи на нефрит.

Лизардитовые и хризотил-лизардитовые серпентиниты распространены обычно вблизи блоков первичных пород и имеют с ними постепенные переходы. В зонах разрывных нарушений и на контакте с магматическими породами, прорывающими гипербазиты, лизардитовые и хризотил-лизардитовые серпентиниты перекристаллизованы и переходят в антигоритовые разности. Замещение хризотила и лизардита антигоритом происходит по трещинам. В зонах разрывных нарушений серпентиниты оталькованы, карбонатизированы, нередко преобразованы в тальк-карбонатные породы. Около ядер слабоизмененных дунитов серпентиниты и жилы альбититов и нефритов в них графитизированы. Тонкодисперсный графит равномерно «пропитывает» все упомянутые породы, образуя скопления в трещинках и зальбандах.

Серпентиниты нередко карбонатизированы. Карбонатизация серпентинитов отчетливо наблюдается по мере приближения последних к контакту с тальк-карбонатными породами. В серпентинитах сначала появляются редкие и мелкие, а затем более крупные (до 8 мм) включения кристаллов карбоната с выраженной спайностью. Иногда в сильно катаклазированных серпентинитах на контакте с тальк-карбонатными породами отмечаются прожилки карбонатов и обособления гематита.

Структурный план массива определяется интенсивным развитием разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простирания, разбивающих серпентиниты на отдельные тектонические блоки. Серпентиниты внутри блоков характеризуются широким развитием субпараллельных и сближенных между собой зон расланцевания северо-западного, реже северо-восточного и субширотного простирания, к которым обычно приурочены метасоматически измененные дайки габбро-диабазов, габбро-долеритов, гранит-порфиоров. На контакте серпентинитов с метасоматически измененными дайками основных и кислых пород нередко образуются нефритовые тела, которые прослеживаются вдоль северо-западного контакта Холбын-Хаирханского массива в северо-восточном направлении.

По характеру магнитного поля в северо-восточной и северо-западной части участка можно предположить, что они представляют собой два различных блока пород. Северо-западный блок отображается сильно изрезанным положительным полем, что может быть обусловлено интенсивным изменением пород под воздействием тектоники. Серпентиниты и тальк-карбонатные породы прорваны штоками и дайками габбро-диабазов, габбро-долеритов, гранит-порфиоров. Часто основные породы метасоматическими процессами превращены в амфибол-плагиоклазовые или цоизит-диопсид-кварцевые родингиты, а кислые – в порфириовидные альбититы. Простирающие даек преимущественно северо-западное, реже северо-восточное. Длина их варьирует от 2–3 м до 15–140 м, мощность – от 1–3 до 5–6 м. Падение крутое. Дайковые тела и нефритовые жилы на площади массива распределены неравномерно.

Дайки гранитоидов и габброидов формируют в своих экзоконтактах ореолы перекристаллизованных серпентинитов. Кальциевый метасоматоз преобразует габброиды в метасоматиты кварц-цоизит-диопсидового состава, а гранитоиды – в тремолитизированные альбититы. Одновременно по серпентинитам развивается нефрит.

Гипербазиты Холбын-Хаирханского массива являются типичным примером ультрабазитов дунит-гарцбургитовой формации. Породы этой формации выделяются как относительно магнезиальный подтип с низким содержанием Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 . Главные геохимические характеристики пород – пониженные концентрации Fe, Al и щелочей. Большое значение имеет низкое содержание в породах Ca. Характерными геохимическими индикаторами пород являются содержания Cr, Ni и Ti. Для Cr и Ni отмечаются высокие концентрации. Основная масса Cr концентрируется в хромшпинелидах (92.6 %), Ni же связан, в первую очередь, с оливином (96.2 %). Сульфидная форма Ni для гипербазитов этого подтипа не характерна. Содержания TiO_2 варьируют от 0.07 до 0.8 мас. %. Отмечается обратная зависимость между концентрациями TiO_2 и MgO. В габбро Ti концентрируется в ильмените и титаномагнетите. Для него характерны высокие величины коэффициентов вариации и равномерное распределение по минералам.

Содержания SiO_2 и Al_2O_3 в гипербазитах обратно пропорциональны содержанию MgO, что определяется соотношением оливина, ортопироксена и хромшпинелидов. Другие петрогенные компоненты (FeO и CaO) практически не коррелируют с MgO, что является характерным признаком мантийных рествитов, это же подтверждается и низкими содержаниями «базальтоидных» компонентов.

Серпентиниты по своему составу сходны с неизмененными дунитами и гарцбургитами. Однако по минеральному и химическому составу более всего соответствуют гарцбургитам, чем дунитам, что согласуется с представлениями о большей подверженности гарцбургитов процессам серпентинизации. Важную роль играют предельно низкие концентрации CaO, Al_2O_3 , TiO_2 и щелочей. В процессе серпентинизации отмечается незначительное увеличение концентраций CaO [Сутурин, 1978], что может свидетельствовать об изохимических условиях, при которых привносится только вода. Кроме того, стерильность в отношении кальция первичных ультраосновных пород послужила одной из причин широкого развития в массивах кальциевого метасоматоза.

В первичных породах содержания Sr и Ba составляют $<1 \times 10^{-4}$ мас. %. В автометаморфических серпентинитах низкие содержания элементов сохраняются. Во всех апогипербазитовых породах, происхождение которых связано с воздействием флюидов кислых и основных пород, отмечается повышение концентраций Sr и Ba.

Анализируя особенности состава гипербазитов нефритиноносных массивов, следует обратить внимание на их высокую магнизиальность и резкое понижение содержаний TiO_2 [Сутурин, Замалетдинов, 1984]. Также следует указать еще одну существенную особенность ультраосновных пород массива. Гипербазиты здесь представлены преимущественно гарцбургитами, моноклинный пироксен встречается редко. Содержание CaO в породах минимально. Содержание моноклинного пироксена не превышает 4 %, что не сравнимо с Оспинско-Китойским массивом. Это указывает на слабое развитие в массиве лерцолитов. В лерцолитовых массивах, относящихся к другому типу офиолитов, избыток Ca , высвобождающегося при серпентинизации пород, оказывает существенное влияние на характер метасоматических процессов, стимулируя формирование гранатовых родинитов, а не нефритов. Нефритообразование запускается в градиенте температур 370–400 °С при высоком химическом потенциале Na , Ca и Si и преобладающем значении динамометаморфизма, о чем свидетельствует приуроченность нефритиноносных тел к зонам меланжа. Окраска нефрита в пределах массива определяется повышенными содержаниями Cr , Ni , Co и Fe , привнесенных в результате инфильтрационно-диффузионного кальциевого метасоматоза по антигоритовым спутанно-волокнистым серпентинитам на контакте последних с апогаббровыми или апогранитными алюмосиликатными метасоматитами.

Литература

- Сутурин А. Н., Замалетдинов Р. С. Нефриты. Новосибирск: Наука, 1984.
Сутурин А. Н. Геохимия гипербазитов Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1978. 141 с.

М. П. Гуринович

Филиал «Институт геологии»
Государственного предприятия «НПЦ по геологии»,
г. Минск, Беларусь
marfap88@mail.ru

Петрохимические особенности ультрамафит-мафитовых массивов Аргеловщинского комплекса (Беларусь) (научный руководитель А. А. Толкачикова)

Ультрамафит-мафитовые породы – редкие горные породы кристаллического фундамента Беларуси. Тем не менее, они представляют значительный интерес, поскольку с ними связаны разнообразные рудные и, в первую очередь, золото- и платинометалльные проявления, которые были выявлены в разных регионах Восточно-Европейского кратона [Аспекты..., 1998; Чернышев и др., 2002; и др.]. Среди магматических комплексов докембрийского фундамента Беларуси одним из наиболее потенциально перспективных на благороднометалльное оруденение считается аргеловщинский комплекс [Аксаментова и др., 2009; Толкачикова и др., 2012]. Породы комплекса, вскрытые на глубинах 80–120 м, слагают цепочку массивов, приуроченных к